A VIDA MARAVILHOSA DAS PLANTAS
SCIENTIFIC AMERICAN
A germinação das sementes, a polinização das flôres, o amadurecimento dos frutos, a queda das fôlhas, suscitam questões fundamentais de crescimento e forma, genética e evolução e química básica da vida.

A VIDA MARAVILHOSA DAS PLANTAS

SCIENTIFIC AMERICAN

Tradução de
ECLÉA JURIST

Ibrasa-Instituição Brasileira de Difusão Cultural S.A.
São Paulo

PARTE 3

DESENVOLVIMENTO E FORMA

I. O CRESCIMENTO DOS COGUMELOS

por John Tyler Bonner

John Tyler Bonner, biologista da Princeton, University, especializou-se no estudo de organismos muito simples, especialmente os cogumelos de orelha. Foi bolsista na Harvard University e para obtenção de seu Ph. D. trabalhou numa pesquisa com fungos, sob a orientação de William H. Weston. Leciona na Princeton desde 1947, como professor associado de biologia.

II. O PERFIL FOLIAR

por Eric Ashby

Sir Eric Ashby, hoje Presidente e Vice-reitor da Queen's University, em Belfast, ao assumir êsse pôsto viu-se transformado de cientista em educador. Ao graduar-se em 1920 pelo Colégio Imperial de Ciência de Londres, seu maior desejo era seguir carreira como físico. Sob a influência de Sir John Farmer, porém, seu interêsse foi canalizado para a botânica. Em seus excelentes trabalhos originais, encontramos como que o reflexo de seus primeiros anos; a análise matemática do desenvolvimento e a aplicação do método estatístico à ecologia vegetal. Aos 33 anos, foi convidado a chefiar o departamento de botânica da Universidade de Sydney na Austrália. Então, a guerra provocou a primeira interrupção de seu trabalho científico. Passou a servir como presidente do Conselho Nacional de Pesquisas da Austrália, e em seguida foi, durante algum tempo, ministro da Legação Australiana em

O CRESCIMENTO DOS COGUMELOS

por John Tyler Bonner

SÃO MUITOS OS CAMINHOS que permitem estudar o mecanismo de desenvolvimento dos sêres vivos e quer nos parecer que o estudo dos cogumelos é, nesse sentido, altamente promissor. Eu tinha uma leve desconfiança de que os cogumelos cresciam, mas nunca me passara pela mente que êles pudessem constituir material adequado à investigação do processo do desenvolvimento até o dia em que, durante o verão em Woods Hole, Mass, deparei com um exemplo fora do comum. Eu costumava dar um passeio tôdas as manhãs, levando nosso cão, por uma estrada que, embora fôsse asfaltada, não era usada para tráfego. Num dêsses dias deparei com umas saliências esféricas no asfalto, do tamanho de um botão. Algumas manhãs mais tarde, para meu maior espanto, notei que uma das saliências rompera, dando saída a um cogumelo. Meu primeiro pensamento foi: Que notável demonstração de fôrça para um delicado cogumelo! Um amigo fêz-me delicadamente ver no fato algo mais que fôrça simplesmente — persistência; o asfalto é na realidade um líquido, sujeito a fôrças de equilíbrio. Descobri mais tarde que eu não fôra o primeiro a observar o fenômeno: com efeito, uma revista soviética continha um artigo referindo erupção similar no assoalho de uma fábrica russa — o que suponho que deve ter mantido a NKVD ocupada por muito tempo.

É surpreendente a escassez na literatura de dados pormenorizados sôbre o desenvolvimento dos cogumelos. Como sói acontecer, os dados mais precisos são justamente os mais antigos; poucos dados foram acrescentados à descrição clássica de Anton de Bary, botânico de Strasbourg do século dezenove. Os professôres de botânica de nossos dias têm muito a contar sô-

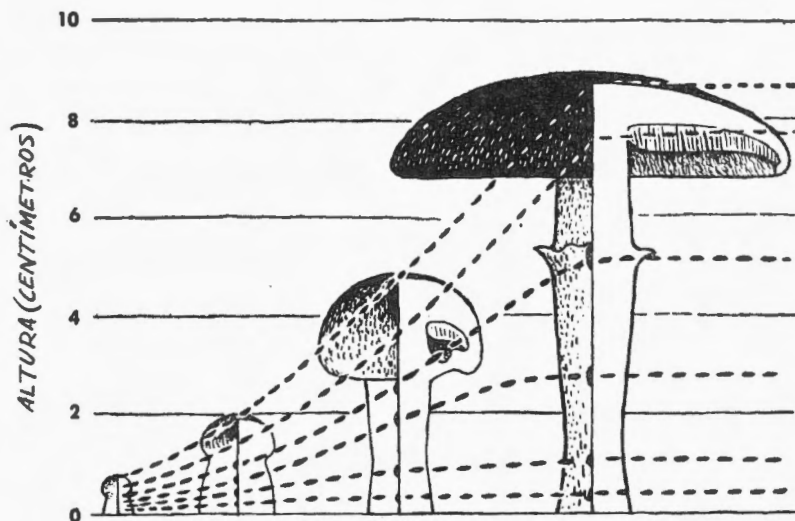
bre o desenvolvimento da ponta das raízes de cebola e de outros membros mais evoluídos do reino vegetal, mas não conhecem os cogumelos — êles «crescem», e isso é tudo!

Para a maioria das pessoas, os cogumelos não passam de guarnição para carnes. E, no entanto, o tipo que se pode comprar em um super-mercado qualquer é apenas uma variedade cultivada do **Agaricus campestris**, o comum cogumelo do campo. Quer seja você a dona de casa que lava o cogumelo antes de levá-lo ao cozimento, quer seja o comensal que o toma com um garfo, você provàvelmente terá notado que o cogumelo é formado por uma cobertura sôbre um talo mais ou menos espêsso, como se fôra um guarda-chuva aberto e se já tiver prestado um pouco mais de atenção a um cogumelo, lembrar-se-á que, apesar de sua aparência frouxa, êle é na realidade formado por uma massa compacta de pequenos filamentos como fios de algodão, e que suas raízes são delicados filamentos muito espalhados no solo.

Essencialmente, um cogumelo é uma estrutura portadora e distribuidora de esporos. As células das lâminas internas da parede do chapéu expelem pequenos esporos que são levados pelo vento. A quantidade de esporos produzida por um único cogumelo é estarrecedora — são cêrca de meio milhão de esporos por minuto, durante três a quatro dias. Faça o seguinte: corte fora o chapèuzinho do cogumelo e coloque-o sôbre uma fôlha de papel branco e poderá deliciar-se com um espetáculo maravilhoso — a saída de esporos típicos das lâminas internas do chapèuzinho. Um botânico é capaz de identificar a espécie de um cogumelo, pela coloração do esporo.

Em meio adequado — solo, composto orgânico, madeira apodrecida ou outro meio nutritivo — os esporos deixam sair filamentos que invadem tudo quanto é espaço aproveitável. Os jovens filamentos, como os próprios esporos, possuem a metade do número de cromossomos existente nas células do cogumelo adulto. Bàsicamente, êles são gametas, como óvulos e espermatozóides. Para que continuem seu desenvolvimento dando um cogumelo adulto, é necessário que se formem pares de filamentos pela fusão de seus conteúdos. Não é possível, con-

tudo, falar-se em filamentos masculinos e femininos; muitas espécies de cogumelo possuem quatro «sexos», mas apenas duas possibilidades de cruzamento, que podemos designar por um e três, dois e quatro.

Depois da fusão de um par de filamentos, e conseqüente reunião do núcleo de cada célula, do complexo cromossômico normal das células do organismo, continua a absorção de alimento pelos filamentos que assim crescem, invadindo o substrato. O emaranhado vai crescendo por uma extremidade e com as divisões nucleares sucessivas vão-se formando trabéculas

As posições dos pontos na haste do cogumelo em desenvolvimento dão curvas que mostram a variação na intensidade de crescimento das várias partes da planta. O alongamento relativo dos pontos é mais uma indicação do desenvolvimento. O lado direito do esquema aparece em secção para indicar as mudanças na estrutura interna.

ao longo do filamento. Na extremidade, contudo, as paredes guardam orifícios que permitem a livre passagem ao longo do filamento, não só de material protoplasmático, como de núcleos de uma célula para outra. Essa corrente de material celular foi minuciosamente estudada por um eminente botânico canadense, o saudoso Reginald Buller, que demonstrou ser essa característica de fundamental importância para o desenvolvimento dos cogumelos.

Um emaranhado de filamentos em crescimento, tècnicamente chamado micélio, ao penetrar o solo, vai-se difundindo como as ondas que se formam em águas calmas quando uma pedra cai. Enquanto estou escrevendo o artigo, posso ver no gramado abaixo de minha janela do quarto andar uma placa ou mancha com cêrca de dois metros de diâmetro, em que a grama tem aparência fresca e verdejante. Eu sei que essa área encobre um micélio; no outono passado, ela estêve circundada por uma coroa de cogumelos – conhecida como «anel de fada». A placa começa a crescer a partir do centro e, à medida que a planta vai exaurindo o solo, os cogumelos vão-se deslocando em círculo cada vez mais amplo, formando um anel perfeito, continuando seu desenvolvimento enquanto as condições climáticas satisfaçam seus requisitos de crescimento e frutificação. John Ramsbottom, ex-encarregado de botânica no Museu Britânico de Londres, dedica um capítulo de seu encantador livro **Mushrooms and Toadstools** aos anéis de fada. Êsse tipo de anel de cogumelos (**Marasmius oreades**) pode aumentar de 5 a 19 polegadas por ano. Tomando êsse dado por base, pode-se calcular em 400 a 600 anos a idade de algumas dessas placas. Ramsbottom documenta essa informação com excelentes aerofotografias dos anéis de fada que circundam as famosas ruínas de Stonehenge.

Os cogumelos cultivados são criados em um meio rico, composto de solo e estrume de cavalo. Muitas companhias distribuidoras de sementes têm à venda mudas de micélios jovens, com as instruções para seu cultivo. As caixas com o composto e as chamadas mudas de cogumelo devem ser mantidas em lugar calmo e à temperatura de 18,3º aproximadamente. Uma adega ou celeiro antigos constituem excelente câmara de cultivo para cogumelos. Em alguns meses, a caixa

estará inteiramente tomada pelo micélio branco. O aparecimento de pequenos botões claros na superfície constitui o primeiro indício da frutificação e alguns dêsses pontos começam a crescer ràpidamente (ficando os restantes pràticamente inibidos pelo crescimento dos primeiros). Quando êsses botões chegam a uma altura de aproximadamente cinco milímetros, já o chapèuzinho e o pedúnculo são distinguíveis. Continuando o crescimento, o cogumelo aumenta em altura e espessura até atingir o porte aproximado de 15 a 20 mm e daí por diante o crescimento só se dará em altura. Quando finalmente se completa o desenvolvimento, o chapèuzinho afasta-se do pedúnculo, como se fôra um guarda-chuva abrindo.

Quando há cêrca de um ano resolvi desenvolver um plano a fim de estudar mais detalhadamente êsse processo, na Universidade Princeton, Raphael H. Levey e K. Kent Kane, dois formados, manifestaram desejo de participar do plano e animados saíram em busca de uma fonte de suprimento para nosso projeto. Encontraram, após inúmeras buscas, um certo senhor Karl Knaust, cultivador de cogumelos em Catskill, Nova Iorque, o qual generosamente concordou em fornecer-nos o material de que necessitávamos. A fonte pareceu-me muito distante mas descobri que, para meus colaboradores, era extremamente atraente, dada sua proximidade do Vassar College. Freqüentemente viajavam até lá nos fins da semana, trazendo na volta caixas com o composto já preparado. O problema que nos restava era encontrar um lugar adequado à manutenção das caixas; acabamos por mantê-las sob mesas de laboratório em câmaras frias.

O primeiro passo da pesquisa foi medir o crescimento relativo das diversas zonas do cogumelo jovem. Marcávamos o pedúnculo a espaços uniformes, em tôda sua extensão, com pontos bem vivos de vermelho carmim — uma velha técnica de marcação em material vivo — e então periòdicamente fotografávamos e medíamos os cogumelos em desenvolvimento. Todo estudioso do desenvolvimento de cogumelos sabe que o pedúnculo cresce segundo zonas preferenciais: o alongamento se dá especialmente na zona logo abaixo do chapéu. A nós interessava delimitar precisamente a extensão dessa zona de cresci-

mento, bem como as demais zonas em cada estágio do desenvolvimento.

Os pontos de corante contam êles próprios uma história. Ao longo da maior parte do pedúnculo, os pontos permaneceram redondos, mas um ponto marcado em uma zona bem definida e próximo ao chapèuzinho transformou-se de ponto em traço vertical; nessa região, o pedúnculo cresceu (veja pág. 69). Também o chapèuzinho cresceu de modo mais pronunciado, mas seu crescimento não foi tão abrupto; percebia-se claramente um crescimento mais acentuado na extremidade que ia gradativamente diminuindo em direção ao centro.

Dessas experiências com corante concluímos que, uma vez atingidos 15 ou 20 milímetros de altura, o cogumelo começa a expandir-se; o pedúnculo o faz por uma zona restrita e bem definida, logo abaixo do chapéu, e êste último, gradualmente, atingindo o máximo na extremidade. Antes de atingida a fase de maturação e desenvolvimento, que corresponde a uma altura de 15 milímetros, o crescimento do cogumelo é uniforme.

Alguns dêsses jovens cogumelos marcados foram postos em câmara úmida sem solo; outros foram verticalmente cortados em duas metades, como se costuma fazer para cozê-los, e verificamos que em ambos os casos o crescimento se deu pelas mesmas zonas em que crescem cogumelos mantidos em meio normal, embora naturalmente o crescimento tenha sido limitado. Observamos, ainda, que a zona de crescimento do pedúnculo, mesmo quando êste era isolado do restante e mantido em meio de agar-gelatina, apresentava crescimento apreciável.

Em pouco tempo percebemos que qualquer progresso no conhecimento da mecânica do crescimento seria condicionado a um estudo do desenvolvimento dos filamentos que constituem o cogumelo. Tomamos cogumelos em diferentes fases do desenvolvimento e submetemo-los a processos histológicos usuais para exame microscópico. Foram feitas secções do material incluído em parafina, as quais, após montagem em lâmina, eram coradas para exame microscópico dos filamentos. Essa técnica não nos levou a descobrir nenhuma maravilha, mas nos pareceu possível relacionar a distribuição externa visível, do cogumelo, com mudanças no arranjo de seus filamentos internos.

O botão, até atingir cêrca de 4 milímetros de altura, tem os filamentos caòticamente distribuídos. À medida que se vai desenvolvendo, começa a haver uma certa orientação dos filamentos no pedúnculo, logo abaixo do chapéu: os filamentos começam a alinhar-se paralelamente uns aos outros. Quando o botão atinge 10 milímetros, a orientação na parte superior do pedúnculo já é completa e o restante do pedúnculo permanece como massa amorfa de filamentos. O mesmo acontece com o chapéu, embora se possa ocasionalmente perceber um início de orientação radial.

Temos boas evidências de que, ao atingir o cogumelo a altura de 15 a 20 milímetros, as células do pedúnculo deixam de se dividir, o que significa que não há formação de novos filamentos. Parece, pois, que a partir dêsse momento o rápido crescimento em altura é devido apenas à distensão das células já existentes. Uma demonstração dêsse fato nos é fornecida tanto pelo exame comparado das alterações de espessuras e comprimento, como pelas medidas de pêso. O crescimento do pedúnculo em altura é diretamente proporcional ao pêso, o que quer dizer que tôda adição de substância é vasta no alongamento dos filamentos já existentes.

Resta saber a que se deve o alongamento das células: se à água, apenas, se a materiais do solo que também participariam dêsse processo. O problema pôde ser fàcilmente resolvido, pela simples comparação dos pêsos sêco e fresco de uma série de cogumelos em diferentes fases do desenvolvimento. Verificou-se que o aumento do pêso sêco era diretamente proporcional ao pêso fresco, o que indicava que, juntamente com a água, as células devem receber matéria sólida. Êsse fato explica a pouca distensão observada em pedaços isolados de cogumelos mantidos em câmara úmida onde só era possível a absorção de água.

Disso tudo, pode-se ver que o futuro e o aspecto de um cogumelo estão demarcados já nas primeiras fases de seu desenvolvimento. A massa de filamentos no interior do pedúnculo se encontra já pràticamente disposta segundo seu padrão próprio, inclusive em número bem definido — tudo pronto para a árdua tarefa do crescimento. Nesse momento, se as condições externas forem favoráveis, haverá um fluxo repentino de

material, do micélio do solo, para as partes aéreas do cogumelo que vai sendo erguido do solo graças à distensão das células. Nesse momento, já existe na extremidade superior uma estrutura completa, como se fôra um balão murcho — basta enchê-la com material adequado para que se expanda completamente. Isso explica o surgimento repentino de certos tipos de cogumelos; os primórdios desenvolvem-se usualmente sob fôlhas caídas ou no meio de um gramado e tão logo haja condições de umidade e temperatura adequadas, ocorre com aceleração quase dramática a subida de material que faz abrir o cogumelo. Para usar de outra metáfora, diríamos que a arma é cuidadosamente calibrada — tôdas as partes do primórdio ocupam suas posições certas — e então as chuvas e a temperatura puxam o gatilho que fará os cogumelos darem seu último arranco de crescimento.